

Meyniana	26	Seite 9—22	14 Abb.	Kiel, Dez. 1974
----------	----	------------	---------	-----------------

Foraminiferen der Kieler Bucht (Westliche Ostsee): 1. „Hausgartengebiet“ des Sonderforschungsbereiches 95 der Universität Kiel

Beitrag Nr. 37 aus dem Sonderforschungsbereich 95
der Universität Kiel
„Wechselwirkung Meer — Meeresboden“

GERHARD F. LUTZE

LUTZE, GERHARD F., 1974: Foraminiferen der Kieler Bucht (Westliche Ostsee): 1. „Hausgartengebiet“ des Sonderforschungsbereiches 95 der Universität Kiel. (Foraminifera of Kiel Bay, Western Baltic: 1. „Hausgarten“-area of the Joint Research Programme 95 of Kiel University) — Meyniana 26: 9—22, 14 fig., Kiel.

In the „Hausgarten“-area several interdisciplinary projects on different aspects of the benthic boundary layer are carried out since 1971. The present paper is a check up of the foraminiferal fauna based mainly on closely sampled traverses (6 to 27 m depth) from different seasons. Dominance areas of the 4 main species proved to be constant in time and space, thus encouraging detailed productivity studies with permanent stations in the centres of populations. This research is presently carried out by GEROLD WEFER. — The surface water fauna (LUTZE 1965) is splitted into the turbulence faunal group, the epiphytic faunal group and the infauna. Species diversity is low and decreasing under basinal conditions. Living/death ratios indicate higher rates of deposition and partial dissolution of empty tests but also selective erosion. — First calculations of carbonate gross production range between 400 and 600 mg/m²/year. The true biological production — only to be estimated at present — is believed to be much higher; leaving at least 40% in the surface sediment and more than 70% in deeper layers as the minimum rate for test destruction by dissolution. Carbonate production of benthic Foraminifera (CBF) in this hyposaline environment is similar high than that in fully marine, shallow and warm waters but preservation is drastically reduced.

Prof. Dr. G. F. LUTZE, D 2300 Kiel, Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum der Universität Kiel, Olshausenstr. 40/60.

Kurzfassung

Im Hausgarten-Gebiet des SFB 95 werden seit 1971 verschiedene interdisziplinäre meereskundliche Projekte durchgeführt, die sich auf die Grenzfläche Meer-Meeresboden beziehen. In der vorliegenden Arbeit wird die Verteilung der Foraminiferenfauna dargestellt, wobei von „engmaschigen“ Proben-Profilen ausgegangen wird, die zu verschiedenen Jahreszeiten entnommen wurden. Es zeigte sich, daß genau definierbare Dominanz-Bereiche der 4 Hauptarten im wesentlichen konstant sind, so daß es sinnvoll erschien, weitere produktionsbiologische Studien mit Dauerstationen in den Verbreitungszentren einzuleiten. Diese werden zur Zeit von G. WEFER ausgeführt. —

Die Oberflächenwasser-Fauna (LUTZE 1965) muß differenzierter gesehen werden und setzt sich zusammen aus 1. der Turbulenzfauna, 2. der Phytalfauna (Epiphyten) und 3. der Infauna. Die Diversität ist generell niedrig, nimmt jedoch in Vermischungsbereichen zu und unter Beckenbedingungen deutlich ab. Das Verhältnis Lebendfauna zu Totfauna erhöht sich nicht nur bei höheren Sedimentationsraten und teilweiser Auflösung sondern auch im Flachwasser durch selektive Auswaschung leerer Gehäuse, dort parallel gehend mit Wegführung oder Nicht-Sedimentation äquivalenter Korngrößen.

Erste Berechnungen der „geologischen“ Karbonatproduktion der benthischen Foraminiferen ergeben Werte zwischen 400 und 600 mg/m²/Jahr. Die tatsächliche („biologische“) Produktion dürfte viel höher liegen und kann z. Zt. nur als Mindestwert geschätzt werden. Danach dürften bereits im Oberflächen-Sediment der Becken mindestens 40% durch Auflösung zerstört sein, in tieferen Lagen über 70%. Während also die Produktion in diesem Brackwassergebiet ähnlich hoch ist wie in vollmarinem, warmem Flachwasser (Persischer Golf) ist die Erhaltungsfähigkeit drastisch reduziert.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	10
2. Methoden	11
3. Sedimentologie und Hydrographie	12
4. Artenliste (1—21)	12
5. Verteilungsmuster	14
5.0 Allgemeines und bisherige Vorstellungen	14
5.1 Turbulenzfauna	14
5.2 Phytalfauna	14
5.3 Infauna des Oberflächenwassers	15
5.4 Infauna des Tiefenwassers	15
5.5 Dominanzbereiche	16
6. Siedlungsdichte und Häufigkeit leerer Gehäuse	16
7. Diversität	16
8. Jahresgang	17
9. Diskussion	18
10. Karbonatproduktion und Sedimentationsrate	19
11. Ergebnisse	21
Literatur	21

1. Einleitung

Die von verschiedenen Fachrichtungen Anfang 1971 im sogenannten Hausgartengebiet bei Boknis Eck begonnenen Untersuchungen zur Wechselwirkung Meer-/Meeresboden boten eine einmalige Gelegenheit, die Verteilung und den Jahresgang der Foraminiferen im Zusammenhang mit den Umweltfaktoren und der übrigen Fauna und Flora detailliert darzustellen. Darüberhinaus sollte der Karbonat-Produktion und der Verweildauer des Foraminiferenkarbonats im Sediment nachgegangen werden, wobei die Ostsee als Extremfall mit vielfach sehr ungünstigen Erhaltungsbedingungen für feine Kalkgehäuse angesehen werden sollte.

Die hier vorgelegten Zwischenergebnisse stellen gewissermaßen eine Voruntersuchung zu weiterführenden Arbeiten auf diesem Gebiet dar, die seit Anfang 1973 von G. WEFER durchgeführt werden.

Um nämlich die Produktionsraten wenigstens angenähert abzuschätzen, müssen in sehr kurzen Abständen über das ganze Jahr Proben entnommen werden. Wenn dabei dann noch verschiedene Tiefenstufen berücksichtigt werden müßten, ergäbe sich für die statistische Auswertung des Materials ein zu hoher Zeitaufwand. Abgesehen von der Frage, ob in den Siedlungsarealen der Hauptarten die Populationsdichten ausreichen, um mit geringem Aufwand statistisch relevante Stückzahlen zu bekommen, war daher vor allem festzustellen, ob die Lage der Siedlungsareale und besonders der Siedlungszentren (Maxima) im Jahresgang und im Verlauf mehrerer Jahre wenigstens ungefähr konstant bleibt. Nur in diesem letzteren Fall wäre es sinnvoll gewesen, mit ein oder zwei Dauerstationen, die 2- bis 3-wöchig zu beproben wären, die für die Produktions-Analyse erforderlichen Daten zu sammeln.

Zu diesem Zweck wurden Probenserien über die gesamte Wassertiefe entnommen, und zwar im August/September 1971, im März 1972, im Mai 1972, im September 1972 und im Mai 1973. Insgesamt wurden 120 Proben untersucht. Bei der Probenentnahme und bei der Darstellung der Ergebnisse assistierte in dankenswerter Weise Frau Hilke Heimhold. Herrn Dipl.-Geol. G. WEFER verdanke ich die zur Methoden-Kontrolle entnommenen Taucherproben und viele wertvolle Hinweise bei der Diskussion der Ergebnisse. Vor allem danke ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 95 gewährte finanzielle Förderung.

2. Methoden

Aus größeren Sedimenten bis in Tiefen von etwa 22 m wurden die Proben mit dem modifizierten Van Veen-Backengreifer entnommen, aus dem durch Klappen im Oberteil relativ ungestörte Proben des Oberflächen-Sedimentes entnommen werden können. Als Bezugsgröße für die Siedlungsdichte (s. LUTZE 1965) wird das Naßvolumen der etwa 1 cm tief abgehobenen Probe verwendet ($\text{cm}^3 = \text{cm}^2$). Ab 22 m, d. h. wenn die Sedimente einen Feinanteil ($< 63 \mu$) von mehr als 50 bis 60% erreichten, wurde der KRUMM-Greifer eingesetzt, weil dieser einen genaueren Bezug auf die Siedlungsfläche erlaubt (v. DANIELS u. a. 1970). Um den möglichen Gerätefehler und die Auswirkung der zu erwartenden Fleckenhaftigkeit der Besiedlung zu prüfen, wurden an drei Stationen von unterschiedlicher Wassertiefe die Geräte mehrmals eingesetzt und in ihrer unmittelbaren Umgebung Proben durch Taucher entnommen (Taucherstutzen, Eindringtiefe 5 cm, Oberfläche wie bei den KRUMM-Greifern, d. h. 26 cm^2). Als Ergebnis kann festgehalten werden:

1. Backengreifer-Proben entsprechen bei dünner Besiedlung und grobem Sediment wegen der größeren erfaßten Fläche eher dem Durchschnitt als Taucherproben mit 26 cm^2 -Stutzen oder ähnliche Geräte. Der unvermeidbare Fehler bei der nur indirekt zu ermittelnden Probenfläche bei Backengreifer-Teilproben wird dadurch wieder wettgemacht.
2. Bei dichter Besiedlung auf Weichböden ergeben Backengreifer etwas zu niedrige Siedlungsdichten, weil bei der Entnahme leicht etwas mehr als nur der Oberflächen-Zentimeter entnommen wird (Abb. 13). Der Fehler hat keine ausschlaggebende Größenordnung, möglicherweise ist der Knick in der Durchschnittskurve der Siedlungsdichten bei 22 m (Abb. 7A rechts) auf den Gerätewechsel zurückzuführen.
3. Taucherstutzen und zum Teil KRUMM-Greifer geben wegen ihres größeren Eindringens (5 cm) höhere Anteile der in den tieferen Sedimentlagen befindlichen „subfossilen“ leeren Gehäuse (Abb. 13, *Eggerella scabra*).
4. Zwischen dem KRUMM-Greifer und den Taucherstutzen ergeben sich keine Unterschiede; beide müssen wegen der Fleckenhaftigkeit der Besiedlung mehrfach eingesetzt werden. Bei dieser Untersuchung wurden jeweils 2 bis 3 KRUMM-Greiferproben von der gleichen Station zu einer Probe vereint.

Die Proben wurden mit Bengalsprit (LUTZE 1964) konserviert und angefärbt. Wenn die Backengreifer Algen enthielten, wurde diese mit der Sedimentprobe vereinigt; sedimentfreie Algenproben wurden nur vereinzelt untersucht und nicht in den Diagrammen berücksichtigt. Mehrere kurze Sedimentkerne wurden von Tauchern ausgestochen, an Bord (-23°) eingefroren und im Labor mit einer Feinsäge in bis zu 3 mm dünne Scheiben zerlegt (Abb. 10). Die nachträgliche Anfärbung mit Bengalrot war einwandfrei. — Die Proben wurden mit $63\text{-}\mu$ - und $2000\text{-}\mu$ -Sieben geschlämmt, wobei die Fraktionsvolumen als Korngrößen-Angaben verwendet werden können (Abb. 2—6, linke Spalte). Sämtliche Proben wurden mit CCl_4 konzentriert, und zwar je zweimal, wodurch etwa 90% der vorhandenen Exemplare gewonnen wurden.

Juvenile Cribrononien wurden durch Trockensieben mit einem 100- μ -Sieb gewonnen. Diese Methode gibt allerdings nur einen ersten Anhaltspunkt, weil die Juvenil-Stadien der vorkommenden Arten von sehr unterschiedlicher Größe sind. — Es wurde angestrebt, aus jeder Probe 250 lebende und 250 „tote“ Exemplare zu zählen; in vielen Fällen war das nicht möglich. Versuche ergaben aber, daß sich bei der hier vorliegenden niedrigen Diversität schon nach etwa 100 gezählten Exemplaren die Anteile der einzelnen Arten kaum noch verändern.

3. Sedimente und Hydrographie

Eine ausführliche Darstellung der Sedimentations-Verhältnisse kann den Arbeiten von FLEMMING & WEFER (1973) und WEFER & TAUCHGRUPPE (1974, dieser Band) entnommen werden. Danach zieht sich eine nur schwach geneigte (1%) Abtragungsfläche mit anstehendem Geschiebemergel bis etwa in eine Tiefe von 13 m, wo sie unterhalb eines auffälligen Gefälleknicks von transgredierenden Sanden überlagert wird (FLEMMING & WEFER 1973, Abb. 4). Sie ist fleckenweise von dünnen Decken grobkörniger Restsedimente überlagert, die zum Teil Rippelmarken bilden. Besonders um 10 m Tiefe ist die Fläche mit Geröllen bedeckt, die als Substrat für Algen dienen. Die transgredierenden Sande werden mit zunehmender Tiefe feiner und gehen bei etwa 23 m Tiefe relativ sprunghaft in feinkörnige Schlicke über. Die ungefähren Mächtigkeitsverhältnisse können aus dem schematisierten Echolot-Profil auf Abb. 9 entnommen werden.

Über der Abtragungsfläche steht von April bis Oktober salzärmeres Oberflächenwasser mit Salzgehalten von 14 bis 19‰; im Becken bzw. der Rinne eingeströmtes Tiefenwasser mit Salzgehalten von 20 bis 24‰ (Zehnjahresmittel nach LENZ 1974). Die „Sprungschicht“ genannte Grenze zwischen beiden Wassermassen hat naturgemäß keine feste Lage, doch konnte sie in den letzten Jahren in über 60% der Fälle zwischen 16 und 23 m ausgemacht werden (36% der Fälle zwischen 18 und 20 m; SARNTHEIN mündl. Mittlg.).

Die in der Oberflächenwasserschicht von Planktonorganismen produzierte organische Substanz wird in hohen Anteilen am Boden der Becken, also unterhalb der Sprungschicht, als Detritus sedimentiert. Beim Abbau kann gelegentlich der Sauerstoff des Bodenwassers vollständig verbraucht werden. An diesem Abbau sind zunächst vorwiegend Bakterien beteiligt; daneben oder als zweites Glied in der Kette dürften auch die benthischen Foraminiferen eine Rolle spielen. Die Oxydationszone ist im Rinnen- bzw. Beckenbereich deutlich niedriger als an den Hängen und beträgt nur 1—2 mm.

4. Artenliste

Es wurden im wesentlichen die bei LUTZE (1965) eingeführten Namen verwendet. Es kann daher auf zusätzliche Zitate verzichtet und bis auf wenige Ausnahmen auf die Abbildungen in dieser Arbeit verwiesen werden. Außerdem wird der Gattungsname angegeben, unter der die Art ursprünglich aufgestellt wurde, damit man im Catalogue of Foraminifera (ELLIS & MESSINA) nachschlagen kann.

1. *Ammotium cassis* (PARKER 1870)
(*Lituola*), LUTZE 1965 S. 89, Taf. 15 Fig. 14—17
2. *Reophax dentaliniformis regularis* HÖGLUND 1947
(*Reophax*), LUTZE 1965 S. 86, Taf. 14 Fig. 22—29 u. a.
3. *Reophax aduncus* BRADY 1882, *subsp.*
(*Reophax*), LUTZE 1965 S. 84, Taf. 14 Fig. 17—21 u. a.

4. *Eggerella scabra* (WILLIAMSON 1858)
(*Bulimina*), LUTZE 1965 S. 92, Taf. 15 Fig. 24—29 u. a.
5. *Ammoscalaria runiana* (HERON-ALLEN & EARLAND 1916)
(*Haplophragmium*), LUTZE 1965 S. 91, Taf. 15 Fig. 18—20
6. *Miliammina fusca* (BRADY 1870)
(*Quinqueloculina*), LUTZE 1965 S. 88, Taf. 15 Fig. 1—9
7. *Astrammmina sphaerica* (HERON-ALLEN & EARLAND 1932)
(*Armoredella*), LUTZE 1965 S. 80, Taf. 14 Fig. 1—3
8. *Hippocrepina flexibilis* (WIESNER 1931)
(*Technitella*), LUTZE 1965 S. 81, Taf. 2 und 14 Fig. 4—8
9. *Tholosina vesicularis* (BRADY 1879)
(*Placopsilina*), LUTZE 1965 S. 82, Taf. 3 u. Taf. 14 Fig. 10—12
10. *Crithionina heinckeii* RHUMBLER 1928
(*Crithionina*), LUTZE 1965 S. 83, Taf. 4 u. Taf. 14 Fig. 9
11. *Rotaliammina ochracea* (WILLIAMSON 1858)
(*Rotalina*), in LUTZE 1965 als „*Trochammina* sp. sp. kleine dünne Formen“, Taf. 15 Fig. 21—23; Taf. 12 Fig. 1—2
Wegen der zum Nabel offenen Kammern kann diese Art nicht mehr zu *Trochammina* gestellt werden; sie wird weit gefaßt und schließt mehrere Helgoland-Arten RHUMBLER's als Unterarten ein. Eine weltweit verbreitete Art der Turbulenzzone.
12. *Cribrononion incertum* (WILLIAMSON 1858)
(*Polystomella*), LUTZE 1965 S. 103, Taf. 21 Fig. 43—44
13. *Cribrononion excavatum excavatum* (TERQUEM 1875)
(*Polystomella*), LUTZE 1965 S. 96, Taf. 15 Fig. 39
14. *Cribrononion excavatum clavatum* (CUSHMAN 1930)
(*Elphidium incertum*, n.var.), LUTZE 1965 S. 96, Taf. 15 Fig. 40—41
15. *Cribrononion albiumbilicatum* (WEISS 1954)
(*Nonion*), bei LUTZE 1965 als *Cr. asklundi* BROTZEN, S. 104, Taf. 15 Fig. 42
Eine Untersuchung von Topotypen ergab eindeutig, daß die Art *asklundi* sich von den rezenten Formen der westlichen Ostsee unterscheidet. Diese müssen daher zu der jüngeren Art *albiumbilicatum* gestellt werden.
16. *Cribrononion gerthi* (VOORTHUYSEN 1957)
(*Elphidium*), LUTZE 1965 S. 102, Taf. 15 Fig. 45
17. *Laryngosigma hyalascidea* LOEBLICH & TAPPAN 1953
(*Laryngosigma*), LUTZE 1965 S. 94, Taf. 15 Fig. 37 u. a.
18. *Ammonia beccarii subsp.* (LINNAEUS 1768)
(*Nautilus*), LUTZE 1965 S. 95, Taf. 15 Fig. 33
19. *Rosalina* sp. A
keine Referenz-Abbildung
Rosalina wurde bisher aus der Ostsee nicht erwähnt. Es handelt sich um eine sehr kleine, epiphytisch lebende Art, deren Zuordnung zu einer der vielen, unklar abgegrenzten *Rosalina*-Arten noch unsicher ist.
20. *Eoeponidella pulchella* (PARKER 1952)
(*Pinnaella*?), bei LUTZE 1965 als *Asterellina*, S. 95, Taf. 13 Fig. 5—9
Nach LOEBLICH & TAPPAN 1964 (treatise) dürfte die Art zu *Eoeponidella* gehören.
21. *Ophthalmina kilianensis* RHUMBLER 1936
(*Ophthalmina*), LUTZE 1965 S. 93, Taf. 15 Fig. 36 u. a.
Zu dieser Art werden auch Formen gezählt, die in der Literatur zu *Pateoris hauerinoides* RHUMBLER gestellt werden. Die Typen zu beiden Arten befinden sich in der Kieler Sammlung; eine ausführliche Dokumentation ist in Vorbereitung.

5. Verteilungsmuster

5.0 Allgemeines und bisherige Vorstellungen

Nach taxonomischen Vorarbeiten durch RHUMBLER (1935, 1936) und ersten Verbreitungsstudien von ROTTGARDT (1952) wurde die Verteilung der Arten besonders in der westlichen Ostsee durch den Verfasser näher dargestellt (LUTZE 1965). Danach läßt sich eine Fauna des Oberflächenwassers deutlich von einer Fauna des eingeströmten, salzhaltigeren Tiefenwassers unterscheiden. Im Prinzip wurde diese Verteilung durch EXON (1971, 1972) für die Flensburger Außenförde bestätigt. Dennoch ergeben sich für einige Arten Abweichungen: sie sind stärker auf Wasserbewegung und Sediment als auf Salinität und Temperatur bezogen.

5.1 Turbulenzfauna

Im Hochenergie-Bereich dieser Zone müssen sich die Arten besonders anpassen. Bereits PHLEGER (1963) machte auf die weltweit gültige Besonderheit dieses Siedlungsbereiches aufmerksam. RHUMBLER (1938) beschrieb aus den Amphioxussanden von Helgoland den Anheftungsmechanismus einer wichtigen Gattung der Turbulenzzone: Gehäuse der Gattung *Rotaliammina* (bei RHUMBLER noch *Trochammina*) sind mit einer aus Protoplasma und Detritus bestehenden „Puffersubstanz“ elastisch an Sandkörner und andere feste Partikel angeheftet (Abb. 9, oben links). Die Gehäuse haben entsprechend dieser Lebensweise eine flach-uhrglasförmige Gestalt. Offensichtlich sind sie befähigt, auch in stark durchbewegten Sanden und Kiesen zu leben. Neben diesen Formen, die überwiegend zu *Rotaliammina ochracea* gestellt werden müssen, kommen sehr feine, zerbrechliche Kalkschaler-Gehäuse mit ähnlicher Gehäusegestalt vor. Es muß angenommen werden, daß sie sich ebenfalls an größere Sedimentpartikel anheften. Sie gehören meistens zu *Eoeponidella pulchella*; nur im Frühjahr 1972 konnten höhere Anteile einer äußerlich ähnlichen, sehr kleinen *Rosalina*-Art (*Rosalina* sp. A) festgestellt werden. Bei dieser Form ist noch zu prüfen, ob sie nicht wie die meisten *Rosalina*-Arten auch an Pflanzen siedelt. Allerdings war sie in den beiden aus Algenbeständen entnommenen Proben dieses Profils nicht vorhanden (GIK 12167 und 169). — Außerdem gehört noch *Spirillina vivipara* zu dieser Faunengruppe, sie konnte aber im Gegensatz zu benachbarten Gebieten nur ganz selten gefunden werden.

Sämtliche Arten dieser Faunengruppe werden vereinzelt auch in tieferem Wasser gefunden; ihr eigentlicher Lebensraum sind jedoch die Abtragungsflächen der Vorstrandregion mit ihren sehr geringmächtigen, groben Auswaschungssedimenten (bis etwa 16 m Wassertiefe, vgl. Abb. 9).

5.2 Phytalfauna (Epiphyten)

Bereits bei LUTZE 1965 konnte eine Reihe von epiphytischen Arten herausgestellt werden, die ausschließlich oder vorwiegend auf Rotalgen lebt. Es sind die Sand-schalerarten *Crithonina heinckei* und *Tholosina vesicularis* sowie die Kalkschalerart *Ophthalmina kilianensis*. Sie wurden nur in solchen Proben gefunden, die direkt aus Pflanzenbeständen entnommen wurden. In den pflanzenfreien Sedimentproben des Lebensraumes fehlen ihre leeren Gehäuse bezeichnenderweise fast völlig — ein weiterer Hinweis auf die ständige Wegführung äquivalenter Korngrößen aus diesem Bereich.

Besonders im Mai 1972 zeigte sich, daß auch *Cribrononion gerthi* mit den Algen in Beziehung stehen könnte. Obwohl sie nicht direkt an Algen beobachtet werden konnte, erhöht sich ihr Anteil jeweils deutlich in Proben mit den oben erwähnten

Phytalarten, während die im Sediment lebende *Cribrononion excavatum* seltener wird (Abb. 4, oben).

Auch *Ammonia beccarii subsp.* ist auf den mit Pflanzen besiedelten Tiefenabschnitt konzentriert (Abb. 3), zudem fehlt sie völlig auf dem gegenüberliegenden Hang des Mittelgrundes, der bei feinkörnigerem Sediment (ohne Gerölle!) weniger von Algen bewachsen ist (Abb. 5). Sie wurde irrtümlich als Tiefwasserart aufgefaßt (LUTZE 1965), weil sie früher lebend vorwiegend in den Einstrom-Rinnen südlich des Großen Beltes festgestellt worden war. Wie bereits EXON (1972) feststellt, muß sie eher zur Oberflächenwasser-Fauna gerechnet werden, was auch den weltweit zu beobachtenden Verbreitungsmustern dieser euryhalinen Art entspräche. Genauere in situ-Beobachtungen durch Taucher können vielleicht klären, in wieweit *Cribrononion gerthi* und *Ammonia beccarii subsp.* möglicherweise in stark bewegtem Wasser die ruhigeren Areale zwischen den Pflanzenbeständen bevorzugen.

5.3 Infauna des Oberflächenwassers

Nur für die verbleibenden Arten der „Oberflächenwasser-Fauna“ kann angenommen werden, daß sie ihre Tiefenverbreitung den Salinitäts- und Temperaturverhältnissen oberhalb der sommerlichen Sprungschicht verdanken; es sind praktisch nur *Cribrononion exc. excavatum* und — mit Vorbehalt — *Miliammina fusca*. Beide Arten dürften im obersten Sedimentzentimeter ihr Siedlungsmaximum haben (G. RICHTER 1964, S. 345 u. a.). *M. fusca* ist nicht eindeutig auf das Oberflächenwasser beschränkt.

5.4 Infauna des Tiefenwassers

Im Untersuchungsgebiet sind unterhalb der Sprungschicht nicht nur salzhaltigeres Wasser (20 bis 24‰), sondern auch typische Beckenbedingungen anzutreffen: hoher Anfall an organischem Detritus aus höheren Wasserschichten und zeitweise Aufzehrung des Sauerstoffs im Bodenwasser. Als typische Beckenform kann — übereinstimmend mit ihrer Verbreitung in der mittleren und östlichen Ostsee — *Cribrononion excavatum clavatum* angesehen werden, die auf den Schlickböden ab 15 m Wassertiefe deutlich dominiert und Anteile von bis zu 95% erreicht. Auf den sandigeren Sedimenten der Beckenränder können besondere Siedlungsbereiche von *Ammonium cassis* und *Cribrononion incertum* ausgeschieden werden (vgl. Abb. 9 sowie sämtliche Einzelprofile, Abb. 2—6). Von den weniger häufigen Arten erreichen nur noch *Reophax dentaliniiformis regularis* und *Cribrononion albiumbilicatum* größere Anteile an der Gesamtf fauna.

Im Gegensatz zum Flachwasser weicht die Zusammensetzung der Totfauna in wesentlichen Zügen von derjenigen der Lebendfauna ab. Am auffälligsten ist das starke Zurücktreten von *Cr. incertum* in der Totfauna (besonders Abb. 2, ferner Abb. 7B!). Falls selektive Auflösung der *incertum*-Gehäuse ausgeschlossen werden kann, müßte mit einer geringeren turn-over-rate dieser Art gerechnet werden.

Ein weiterer Unterschied besteht im regelmäßigen Auftreten von leeren *Eggerella scabra*-Gehäusen zwischen 17 und 25 m Wassertiefe. Lebend wurde diese Art weder im Untersuchungsgebiet noch in benachbarten Gebieten angetroffen. Die Untersuchung von Sedimentkernen (s. Kap. 10) zeigt, daß die Gehäuse wahrscheinlich aus tieferen Sedimentschichten durch Bodenwühler in das Oberflächensediment gelangen. Bei den geringen Mächtigkeiten ist dieser Anteil noch als verhältnismäßig gering zu bezeichnen.

Lebende Foraminiferen waren fast ausschließlich auf die Oxydationszone beschränkt. Bei einer 2 cm mächtigen Oxydationszone befanden sich 70% der lebenden

Foraminiferen in der obersten Lage von etwa 5—6 mm, die vorwiegend aus organischem Detritus bestand. Die in der Literatur häufig zitierten Beobachtungen von lebenden Foraminiferen in größeren Sedimenttiefen (bis 20 cm) sind nicht die Regel, sondern wahrscheinlich Ausnahmen beim Anscheiden von Wohnbauten größerer Tiere (v. DANIELS 1970).

5.5 Dominanzbereiche

Aus den zu verschiedenen Jahreszeiten entnommenen Profilen geht eindeutig hervor, daß die häufigsten Arten ausgesprochene Verbreitungs-Maxima haben, die — von leichten Schwankungen abgesehen — tiefenkonstant sind. Wenn man die Grenzen dieser Verbreitungsgebiete aus der Dominanz ableitet, also diejenigen Tiefenbereiche ausscheidet, in denen die betreffende Art in der Mehrzahl der Fälle in der Lebendfauna dominiert (den höchsten Anteil erreicht), erhält man das auf Abb. 9 dargestellte Schema von nur 4 Dominanz-Zonen: Die *excavatum*-Zone für die Abtragungsfläche bzw. den Bereich des Oberflächenwassers, die *cassis*- und *incertum*-Zone für die Sandgebiete im Bereich der Sprungschicht und die *clavatum*-Zone für den Beckenbereich unterhalb von 25 m Wassertiefe. In der Kartendarstellung wird deutlich (Abb. 1), daß sich die *cassis*- und *incertum*-Zonen als schmale Bänder um die ganz von *clavatum* beherrschten Tiefwassergebiete herumziehen. Dieses Bild kann nicht mehr als saisonbedingte Momentaufnahme angesehen werden, sondern gibt vielmehr das tatsächliche Verbreitungsmuster wieder.

6. Siedlungsdichte und Häufigkeit leerer Gehäuse

Sämtliche Werte zur Siedlungsdichte sind in Abb. 7a, rechtes Diagramm, dargestellt. Die gebrochene Linie ist die Verbindungslinie der Mittelwerte für 2 m-Tiefenintervalle. Auf der gesamten Abtragungsfläche und auch im oberen Teil der transgredierenden Sande sind die Siedlungsdichten niedrig (im Zehner-Bereich). Erst ab 17 m Tiefe, mit Einsetzen der feineren Kornkomponenten und der stärkeren Sedimentation von organischem Detritus unterhalb der Sprungschicht, treten höhere Werte auf. Ab 23 m, einem weiteren Wechsel in der Korngrößen-Zusammensetzung, werden keine niedrigen Siedlungsdichten mehr registriert (Minimalwert etwa 50/10 cm³). Auch die Zahl der leeren Gehäuse (Totfauna) nimmt mit der Tiefe zu; ab 18 m enthalten die Proben mehr leere als gefärbte „lebende“ Gehäuse. Dieses Verhältnis Lebendfauna zu Totfauna wurde häufig als Maß für die Sedimentationsrate benutzt (PHLEGER 1960), weil sich bei zunehmender Verdünnung durch Sedimente und gleichbleibender Siedlungsdichte prozentual weniger leere Gehäuse im Oberflächensediment befinden. Abb. 7A (Mitte) zeigt, daß sich zwar das Verhältnis bei steigender Sedimentationsrate (im Becken) zu Gunsten der Lebendfauna verschiebt. Gleichzeitig aber wird deutlich, daß ein noch stärkerer Anstieg im Erosionsbereich zu verzeichnen ist, obwohl die Sedimentationsrate gleich Null ist.

7. Diversität

Bekanntlich ist die Artenzahl im Brackwasser deutlich vermindert. Um den Einfluß der jeweiligen Probengröße auszuschalten, wurden die Artenzahlen in FISHER-Diversitätswerte umgerechnet, wie sie besonders von MURRAY (1968, 1973) eingeführt worden sind.

Das Diversitätsfeld aus sämtlichen Proben liegt in dem von MURRAY für hypohaline Lagunen und Ästuarie angegebenen Bereich. Die Diversitätswerte der Lebendfauna schwanken zwischen 0,5 α bis 2,5 α , was bei etwa 250 gezählten Exemplaren

einer Artenzahl von 3 bis 11 entspricht. Für die Totfauna liegen die Werte nur unwesentlich höher (1,0 α bis 3,5 α), was zum Teil durch subfossile Gehäuse verursacht wird (*Eggerella scabra*, *Ammoscalaria runiana*).

Da sich im Untersuchungsgebiet verschiedene Lebensbereiche überschneiden (Phytopl- und Bodenfauna, Oberflächenwasser- und Tiefenwasserbereich) war mit Vermischungen zu rechnen: Arten aus verschiedenen Biotopen kommen in den gleichen Proben vor und setzen die Diversität herauf. Abb. 7 A, links, zeigt deutlich die große Streuung der Werte und den unruhigen Verlauf der Diversitäts-Kurve (aufgetragen gegen die Wassertiefe). Dennoch können zwei Hinweise abgeleitet werden:

1. Im Schlickbereich der Mulde (etwa ab 23 m Tiefe) geht die Artenzahl zurück und die Streuung wird geringer. Dieser Effekt läßt sich auch an anderen flachen Mulden der westlichen Ostsee feststellen und konnte im Prinzip auch an den tieferen Becken der Ostsee gezeigt werden (LUTZE 1965). Der gleiche Trend konnte bereits 1949 von SAID am Roten Meer und durch RESIG (1958) am Santa Cruz Becken vor Californien gezeigt werden. Die vielfach beschriebene Diversitäts-Zunahme mit der Wassertiefe wird also in den von „Spezialisten“ besiedelten, abweichenden Beckenbiotopen unterbrochen.

2. Zwischen 18 und 22 m Wassertiefe weicht die Diversität der leeren Gehäuse deutlich von der Kurve der Lebendfauna ab, d. h. die Totfauna ist artenreicher. Die Verteilungsdiagramme zeigen, daß „subfossile“, heute nicht mehr lebende Arten in diesem Bereich hohe Anteile an der Totfauna erreichen. Das trifft besonders für *Eggerella scabra* zu, die nur hier höhere Anteile am Oberflächen-Sediment erreicht. Auch *Ammoscalaria runiana*, die allerdings auch in flacherem Wasser vorkommt, ist häufiger. Abb. 9 zeigt, daß in diesem Randbereich der Beckenfüllung geringere Mächtigkeiten vorliegen, so daß durch Bioturbation ständig Gehäuse aus tieferen Sedimentlagen an das Oberflächen-Sediment geliefert werden können (vgl. auch Abb. 13: die mit dem tiefer gehenden Taucherstutzen ausgestochenen Proben haben durchweg höhere *Eggerella*-Anteile als die auf ca. 1 cm beschränkten Backengreifer-Proben!). Außer dieser Vermischung mit „subfossilen“ Faunenresten liegt der diskutierte Tiefenabschnitt aber auch langfristig gesehen im Vermischungsbereich der Oberflächen- und der Beckenfauna, so daß der stärkere Anstieg der Totfauna-Diversität verständlich ist.

8. Jahresgang

Die jährliche Karbonatproduktion kann nicht direkt aus der Siedlungsdichte abgeleitet werden, sondern setzt genaue Kenntnisse des Jahresgangs zur Ermittlung der „turn over rate“ voraus (MURRAY 1973, S. 203 u. f.). Im Rahmen dieser Untersuchung sollte nur festgestellt werden, ob überhaupt deutliche jahreszeitliche Schwankungen der Siedlungsdichte und des Anteils juveniler Gehäuse vorliegen, damit der Ausgangspunkt für weiterführende Untersuchungen festgelegt werden konnte.

Die Ergebnisse sind in Abb. 8 zusammengestellt. Besonders *Cribrononion exc. clavatum* zeigt im Frühjahr 1972 deutlich höhere Anteile an juvenilen Exemplaren. Die Siedlungsdichte dieser Art ist dagegen besonders im Sommer (Mai) heraufgesetzt. Demgegenüber zeigt *C. incertum* weniger deutliche Schwankungen. Auf die Häufigkeit der Reproduktionen kann aus diesen Daten natürlich noch nicht geschlossen werden, so daß für den Vergleich mit der im Sediment nachweisbaren „geologischen“ Produktion zunächst nur mit Mindestwerten gerechnet werden darf.

Für die Phytalfauna ergaben sich im Mai 1972 wesentlich höhere Anteile als bei den übrigen Proben-Serien. Auch hier müßte also der Jahresgang überprüft werden. Die Zusammenarbeit mit den Meeresbotanikern im Rahmen des SFB 95 soll hier erstmals einen direkten Bezug von Phytal-Siedlungsdichten auf die Meeresbodenfläche ermöglichen, wozu die detaillierten Aufnahmen von H. BLACK herangezogen werden können (Dissertation in Vorbereitung, 1974).

9. Diskussion

Die Abhängigkeit der epiphytischen Arten (Phytalfauna) von pflanzlichen oder doch zumindest festen Substratflächen ist unbestritten. Ob die Arten der Turbulenzfauna vom Sediment, von den Salinitäts-Bedingungen des Oberflächenwassers oder vom Grad der Wasserbewegung abhängen, kann aus ihrer Verbreitung in anderen Gebieten geschlossen werden. So wurden *Rotaliammina*-Arten im Persischen Golf und auf dem Westafrikanischen Schelf noch in größerer Wassertiefe (100 bis 200 m) angetroffen, wenn Hinweise auf stärkere Wasserbewegung (z. B. in Rinnen) vorhanden waren. Mindestens für diese Art muß also angenommen werden, daß sie auch in der Ostsee in tieferem Wasser vorkäme, wenn dort entsprechende Strömungsverhältnisse auftreten würden. — Es bleibt also die Frage zu beantworten, ob wenigstens die Arten der „Tiefwasserfauna“, also vor allem *Ammotium cassis*, *Cribronion incertum* und *Cr. exc. clavatum* von den Salinitätsbedingungen im Tiefenwasser abhängen. Hier liegt die grundsätzliche Schwierigkeit bei der Interpretation von Verbreitungsdaten in der Überlagerung der Phänomene: mit den Wassermassen ändern sich auch die Parameter der Wasserbewegung (Wellentiefgang), der Sedimente und des Nahrungsangebotes (mehr abgestorbener organischer Detritus als lebende einzellige Algen, Diatomeen usw.). Diese Problematik wird besonders in Abb. 7B deutlich: die drei Arten erreichen ihre größten Siedlungsdichten jeweils in Sedimenten mit bestimmten Korngrößen-Verteilungen. Besonders von *Cr. incertum*, die als Kalkschaler von einer festen Sandzyste umgeben ist, muß angenommen werden, daß sie im Sediment lebt und eine gewisse Mächtigkeit der Oxydationszone benötigt. Das gleiche dürfte für *A. cassis* gelten, während *Cr. clavatum* als typische Beckenform (auch in den tiefen Becken der mittleren und östlichen Ostsee) eher auf die dünne Oxydationszone der Becken ausweichen könnte. Andererseits pendelt im Dominanzbereich von *A. cassis* und *Cr. incertum* die sommerliche Sprungschicht und liefert sicher abweichende Ernährungsbedingungen (Abb. 9). Größere Klarheit kann hier also nur von Experimenten erwartet werden (vgl. SARNTHEIN 1973). In diesem Zusammenhang muß festgehalten werden, daß das gefundene Verteilungsmuster keine rein örtliche Besonderheit ist. Abb. 12 zeigt die gleiche Korrelation mit den Sedimenten und der Lage der Sprungschicht für die Bülker Mulde (Kieler Außenförde) und die Flensburger Außenförde (nach EXON 1972). Dieser Vergleich zeigt auch, daß die Wassertiefe allein nicht der ausschlaggebende Faktor sein kann.

Natürlich wird im Erosionsgebiet (0—14 m Tiefe) das Verhältnis von Lebendfauna zu Totfauna durch Auswaschung von leeren Gehäusen stark zu Gunsten der Lebendfauna beeinflußt (Abb. 7A). Hier dürfte die prozentuale Zunahme der Totfauna bei 18 m die Wassertiefe anzeigen, in der hydrodynamisch äquivalente Korngrößen liegen bleiben (80—100 μ). Diese Vorstellung stimmt mit den Korngrößen-Befunden überein (WEFER & TAUCHERGRUPPE 1974). Der abermalige Rückgang im Becken kann eindeutig mit größerer Verdünnung infolge höherer Sedimentationsrate und geringerer Erhaltungsfähigkeit infolge Auflösung interpretiert werden.

Die generelle Zunahme der Häufigkeit leerer Gehäuse mit der Tiefe ist unter anderem mit der Zufuhr von ausgewachsenen Gehäusen aus dem Erosionsbereich

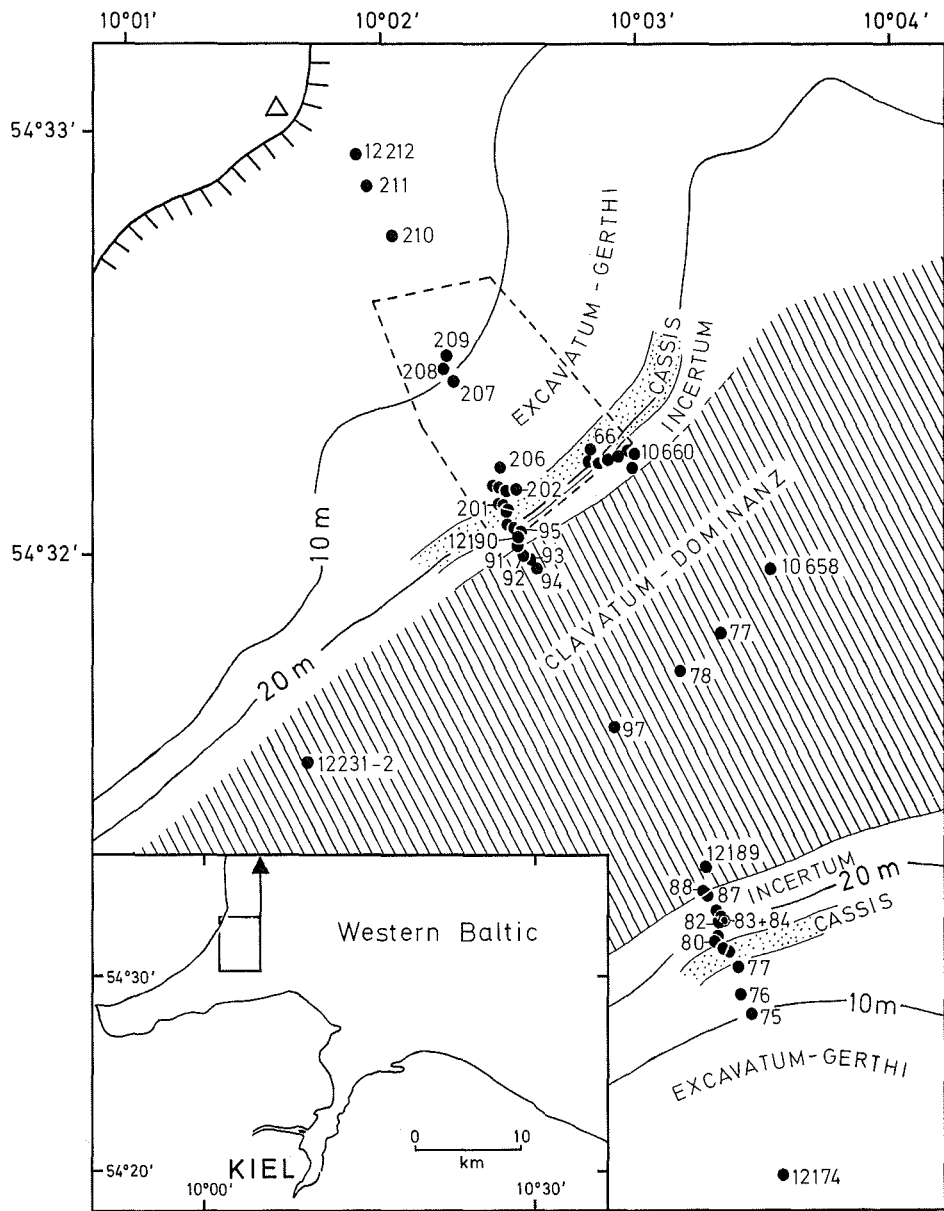
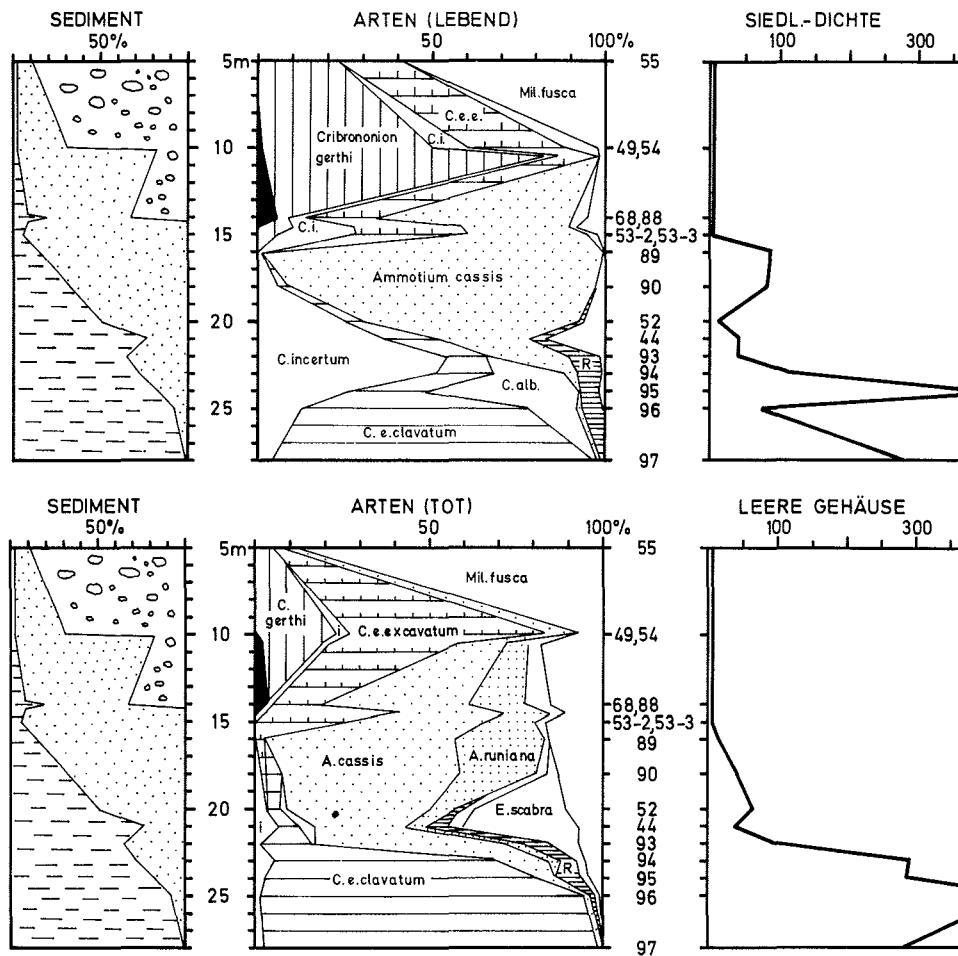


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes (Ausschnitt) und der Stationen im „Hausgarten“ — Gebiet vor Boknis Eck. Die Dominanz-Gebiete der Foraminiferenarten sind angegeben: auf den Schlickflächen unterhalb 25 m Wassertiefe ist durchgehend *Cribrodonion excavatum clavatum* die vorherrschende Art (schraffiert).



AUG./SEPT. 1971

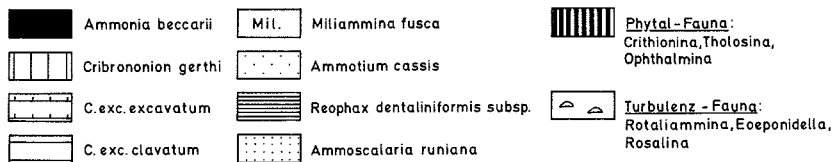
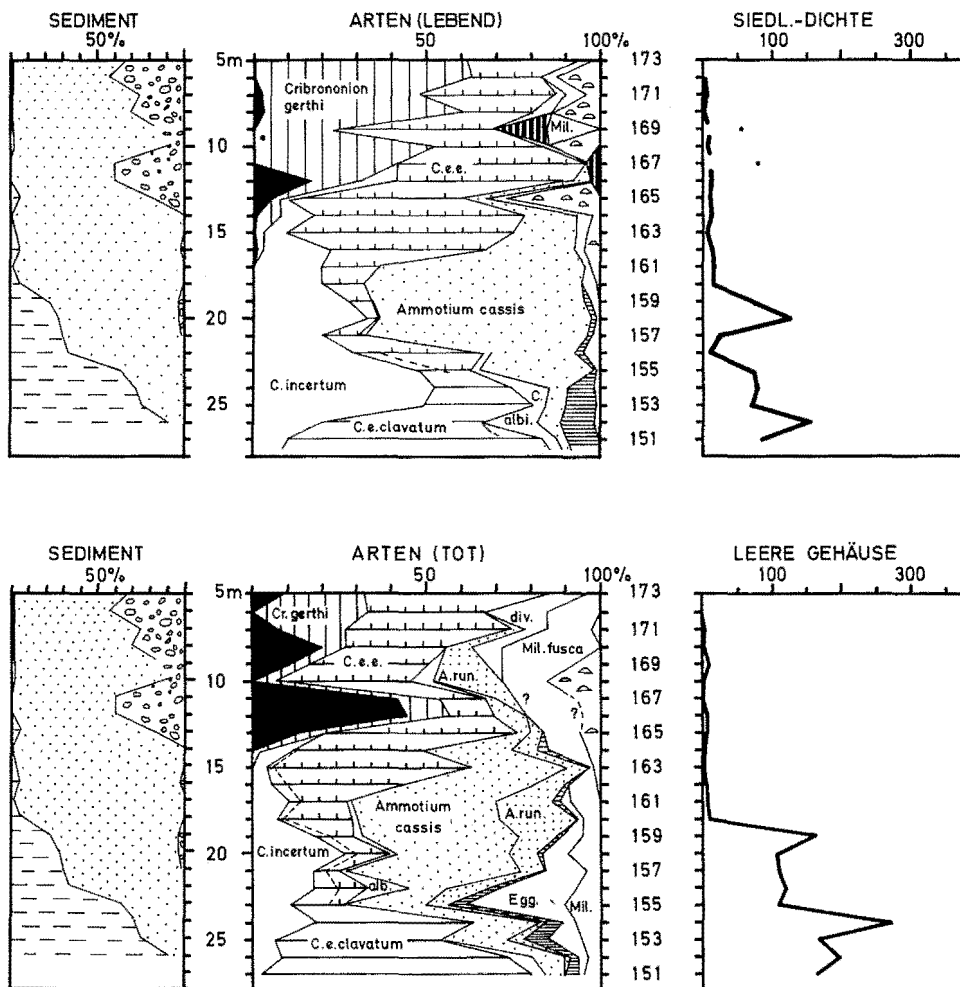
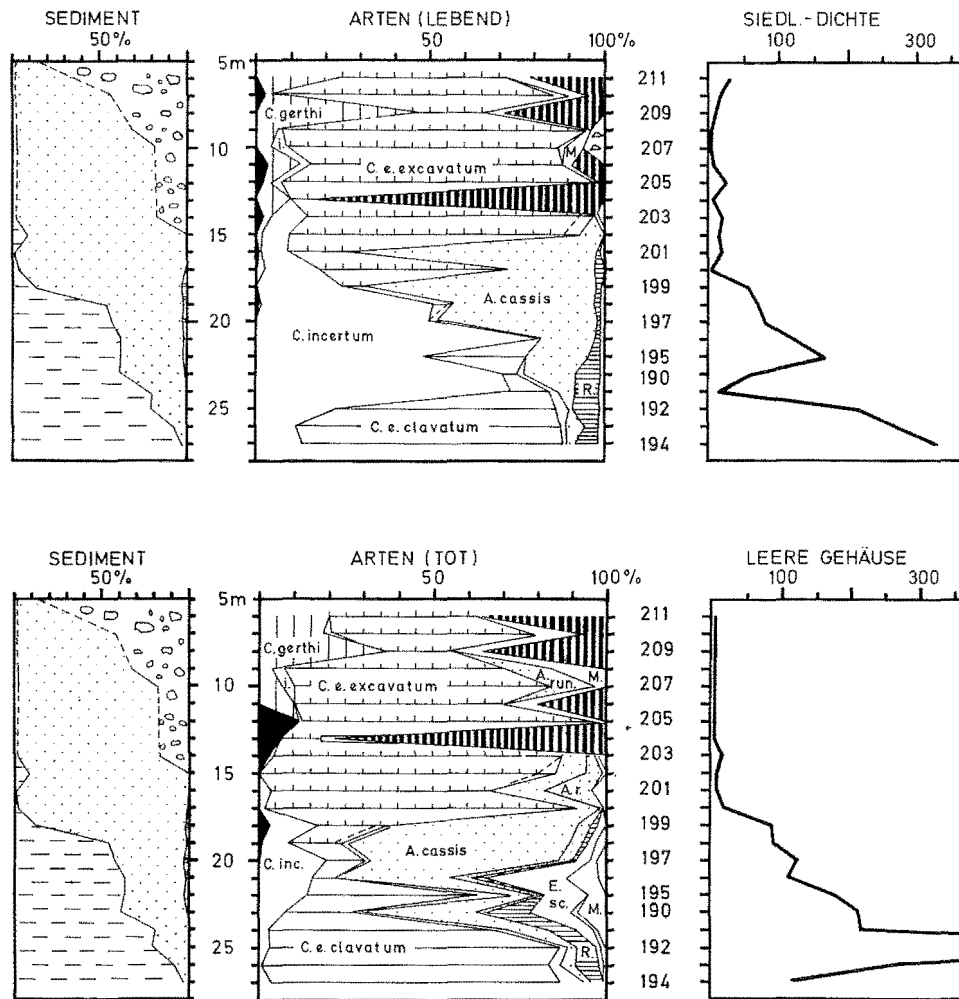


Abb. 2: Profil August—September 1971. — Der Siedlungsbereich von *Ammotium cassis* ist deutlich ausgeprägt. In der Lebendfauna tritt *Cribrononion excavatum excavatum* gegenüber *Cr. gerthi* zurück. Erst bei über 80% Feinanteil (Sedimentspalte links) wird *Cr. exc. clavatum* dominant.



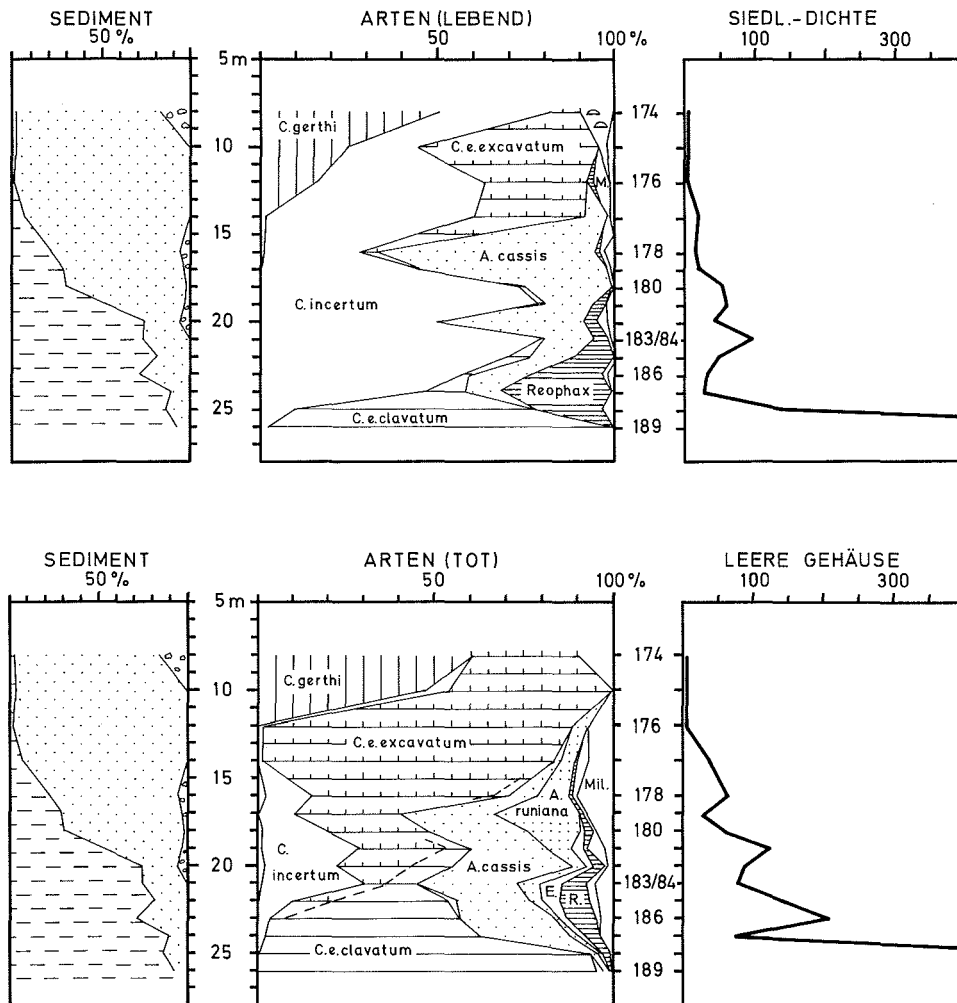
MÄRZ 1972

Abb. 3: Profil März 1972. — Hier erreicht *Ammotium cassis* viel niedrigere Anteile als im Spätsommer. Viel häufiger dagegen ist *Ammonia beccarii* (schwarz!) und *Cr. excavatum excavatum*. Die Siedlungsdichte ist nicht mehr so hoch.



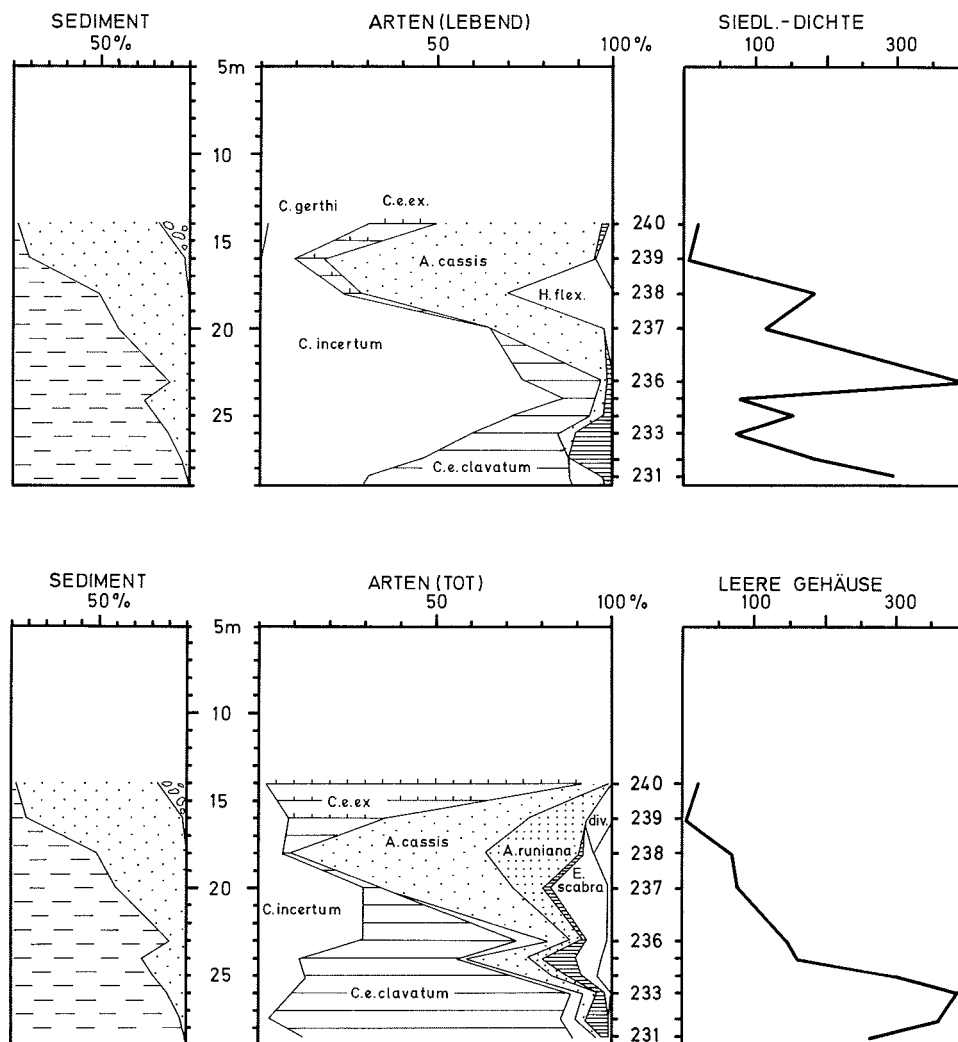
MAI 1972

Abb. 4: Profil Mai 1972. — Hier tritt *Cr. gerthi* völlig zurück zu Gunsten von *Cr. exc. excavatum*. Sehr häufig wurden mit dem Backengreifer Pflanzenbestände getroffen, von denen hohe Anteile der Phytalfauna stammen (Zebra-Signatur). Die Siedlungsdichten sind wieder höher als im März des Jahres. *Ammotium cassis* hat noch nicht wieder die hohen Anteile wie im Spätsommer 1971 erreicht.



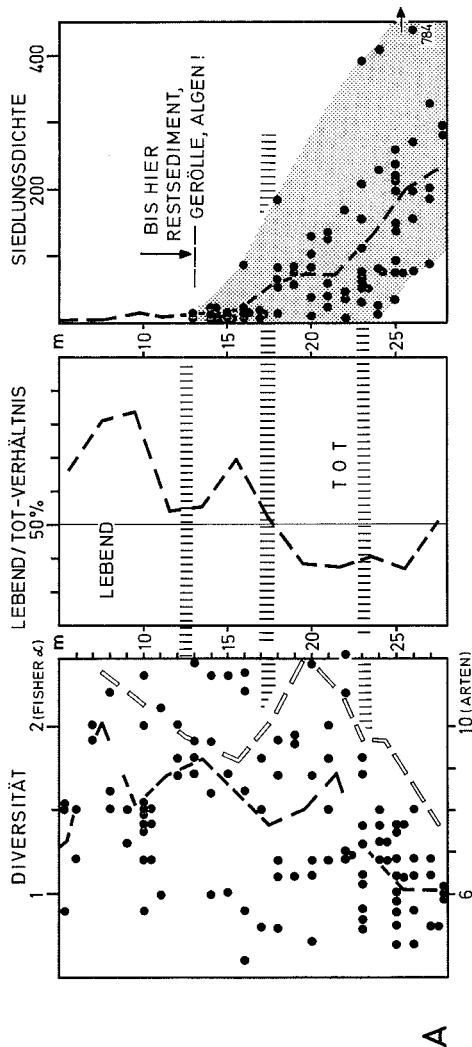
MAI 1972

Abb. 5: Profil Mai 1972 vom gegenüberliegenden Hang des Mittelgrundes. Das Sediment ist hier im Flachwasser feiner, es fehlen insbesondere Gerölle als Substrat für Algen. Dementsprechend fehlen hier völlig die Vertreter der Phytalfauna. *Cr. incertum* und (!) auch *Reophax* erreichen höhere Anteile als in den Hausgarten-Profilen.

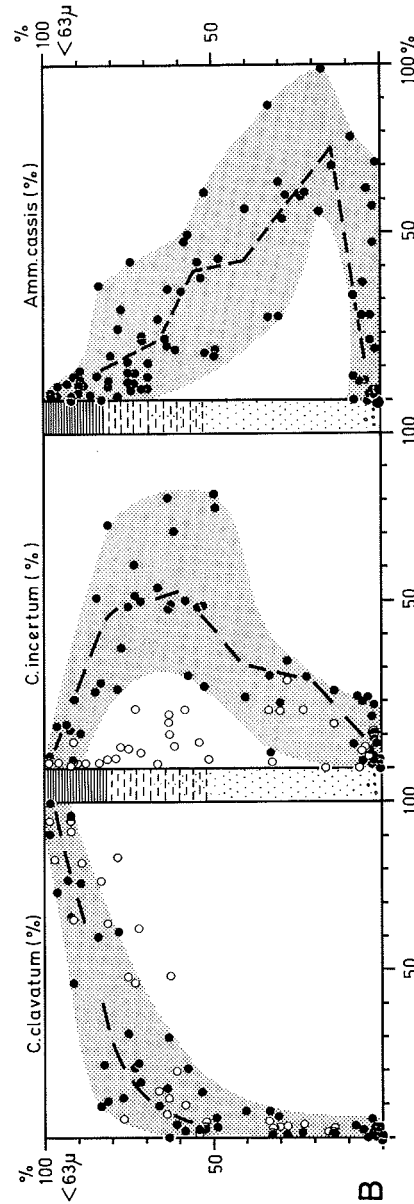


MAI 1973

Abb. 6: Profil Mai 1973. — Leider konnten hier aus Wettergründen keine Flachwasserproben gewonnen werden. Das gleichfalls unvollständige Profil aus dem September 1972 wurde nicht abgebildet.



A



B

Abb. 7A: Diversität, lebend/tot-Verhältnis und Siedlungsdichte gegen Wassertiefe. Die gestrichelten Linien sind errechnete Durchschnittskurven (Mittelwerte für 2 m-Tiefenstufen). Sie beziehen sich auf die Lebendfauna; die „nicht ausgefüllte“ gestrichelte Linie im Diversitäts-Diagramm bezieht sich auf die Totfauna (leere Gehäuse). In den mit senkrechter Schraffur gekennzeichneten Tiefenbereichen wechselt die Sediment-Korngrößenverteilung.

Abb. 7B: Siedlungsdichten (ausgefüllte Kreise) und Häufigkeit leerer Gehäuse (nicht ausgefüllte Kreise) gegen Sediment-Korngrößen (hier Anteil < 63 μ). Es zeigt sich, daß alle drei Arten ihre Siedlungsmaxima in bestimmten Sedimenttypen erreichen.

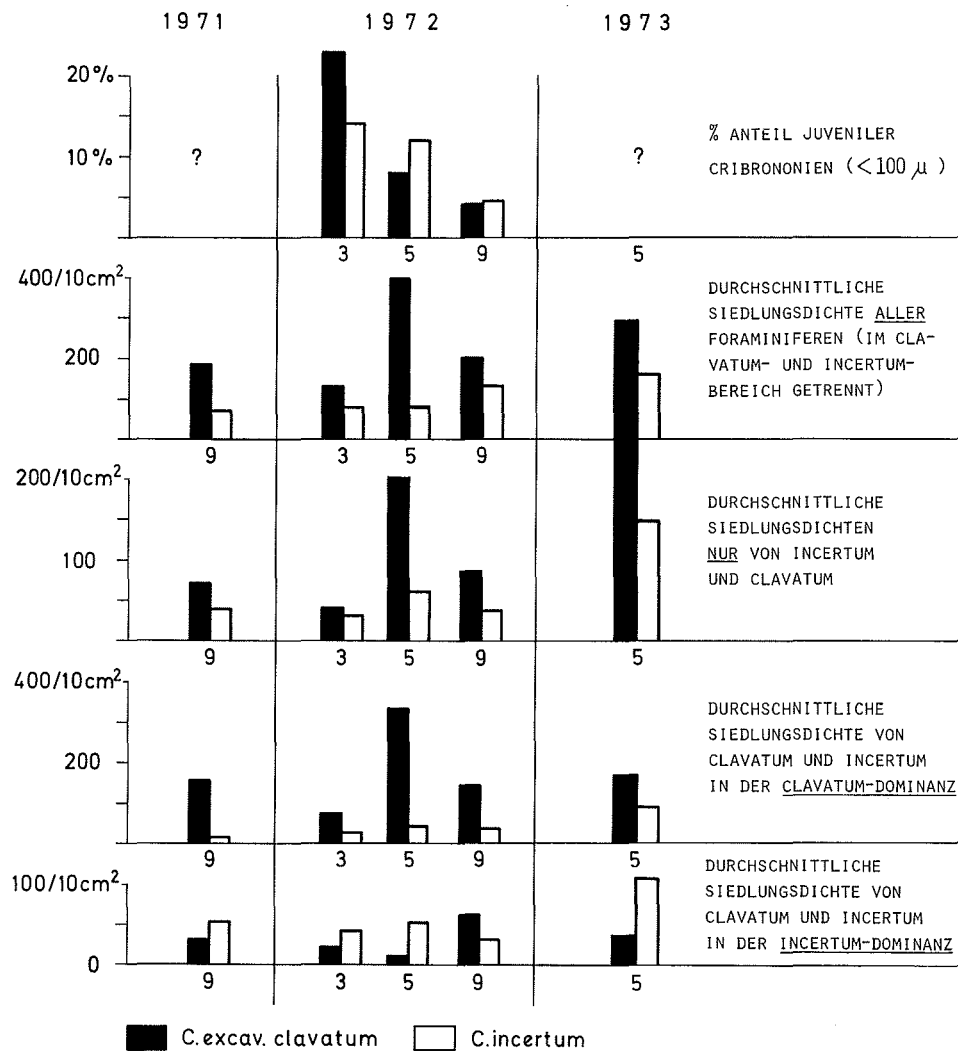


Abb. 8: Erste Ergebnisse zum Jahrgang der Foraminiferen-Populationen. Der Anteil juveniler Exemplare wechselt. Die durchschnittliche Siedlungsdichte schwankt stärker bei *Cr. exc. clavatum* als bei *Cr. incertum*. Ohne weitergehende Untersuchungen zum Jahrgang kann die Produktionsrate nicht angegeben werden.

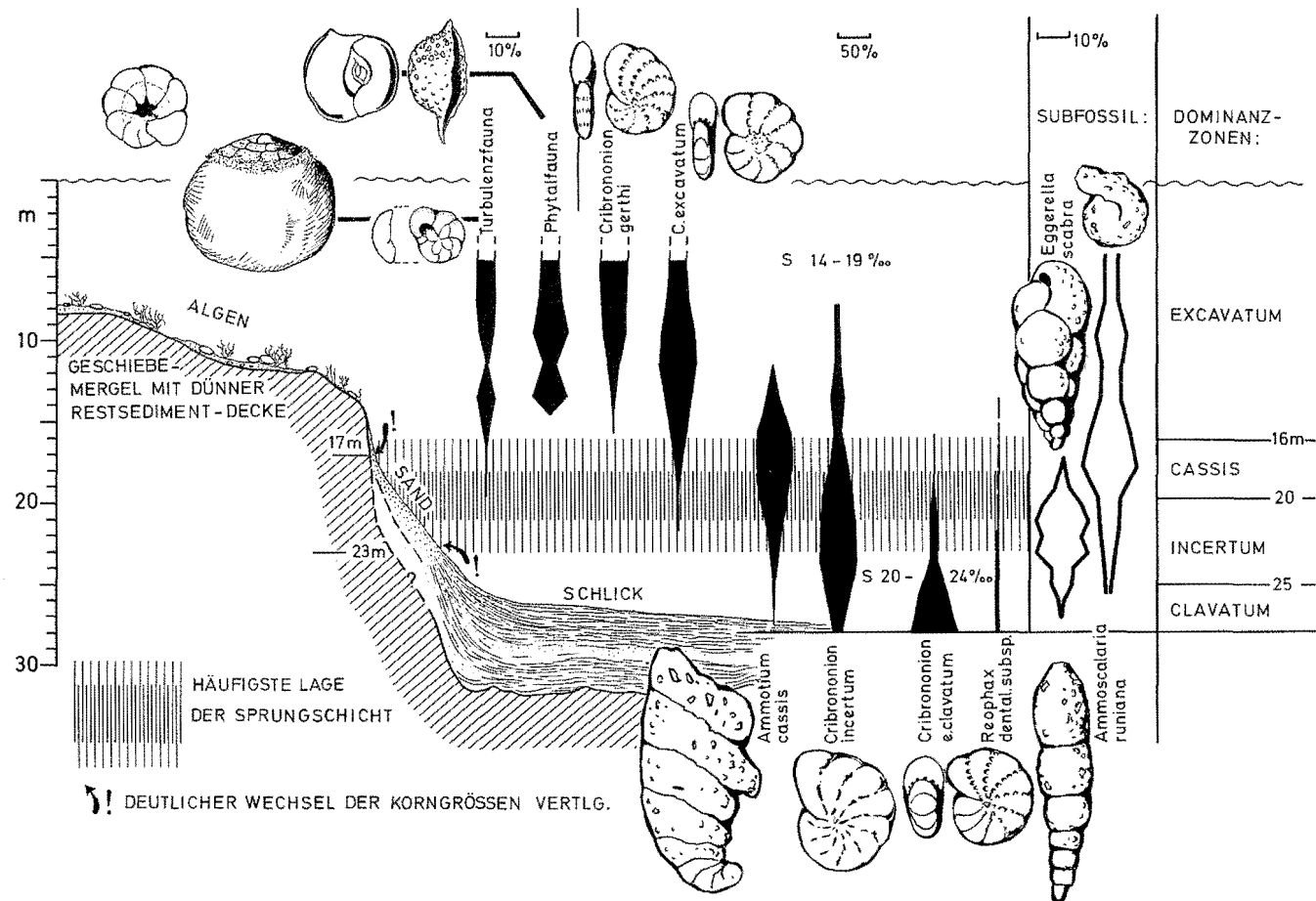


Abb. 9: Schematische Darstellung eines Sediment-Echogramms an der Westseite des Hausgarten-Gebietes. Die Reichweiten der wichtigsten Foraminiferen-Arten sind durch Vertikalbalken dargestellt, deren Dicke die durchschnittlichen %-Anteile aus sämtlichen Proben pro 2 m-Tiefenintervall wiedergibt. Die Lage der Sprungschicht (häufigste Lage in über 50% der Fälle) fällt mit Sedimentgrenzen zusammen.

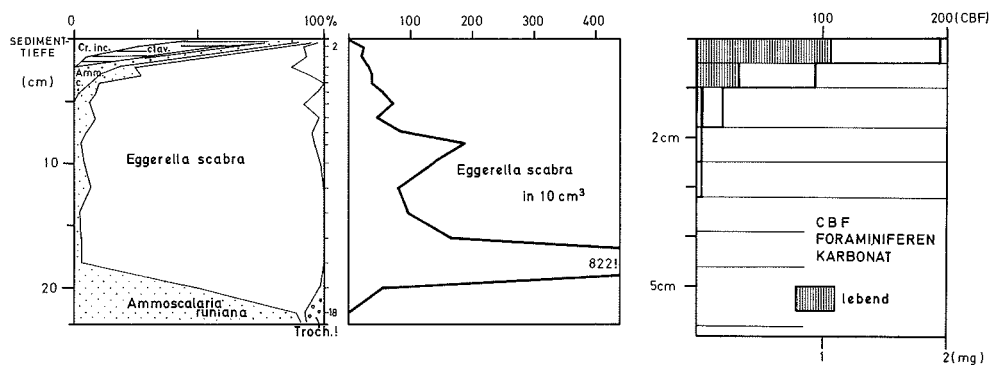


Abb. 10: Von Tauchern entnommener Kurzkern aus 21.5 m Wassertiefe. Die Egerellen-Zone wird nur von wenigen Zentimetern rezenter Sedimente abgedeckt. Foraminiferen-Karbonat ist nur in den obersten 2 cm erhalten.

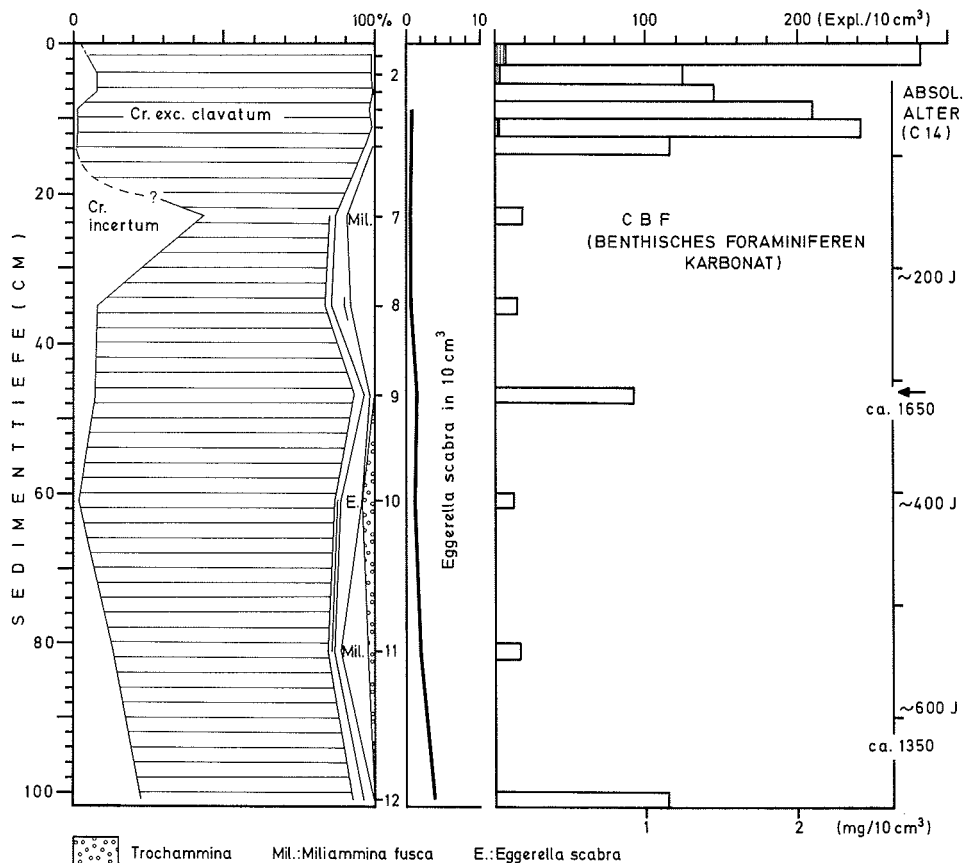


Abb. 11: Sedimentkern aus dem Beckentiefsten von der gleichen Station wie der ^{14}C datierte Kern (ERLENKEUSER et al. 1974). Entsprechend der viel höheren Sedimentationsrate (1.5 mm/Jahr) beginnt die Eggerellen-Zone erst in etwa 60 cm Sedimenttiefe. Foraminiferen-Karbonat (CBF) ist zwar im ganzen Kern erhalten, jedoch durch Auflösung erheblich reduziert. Alter schematisch.

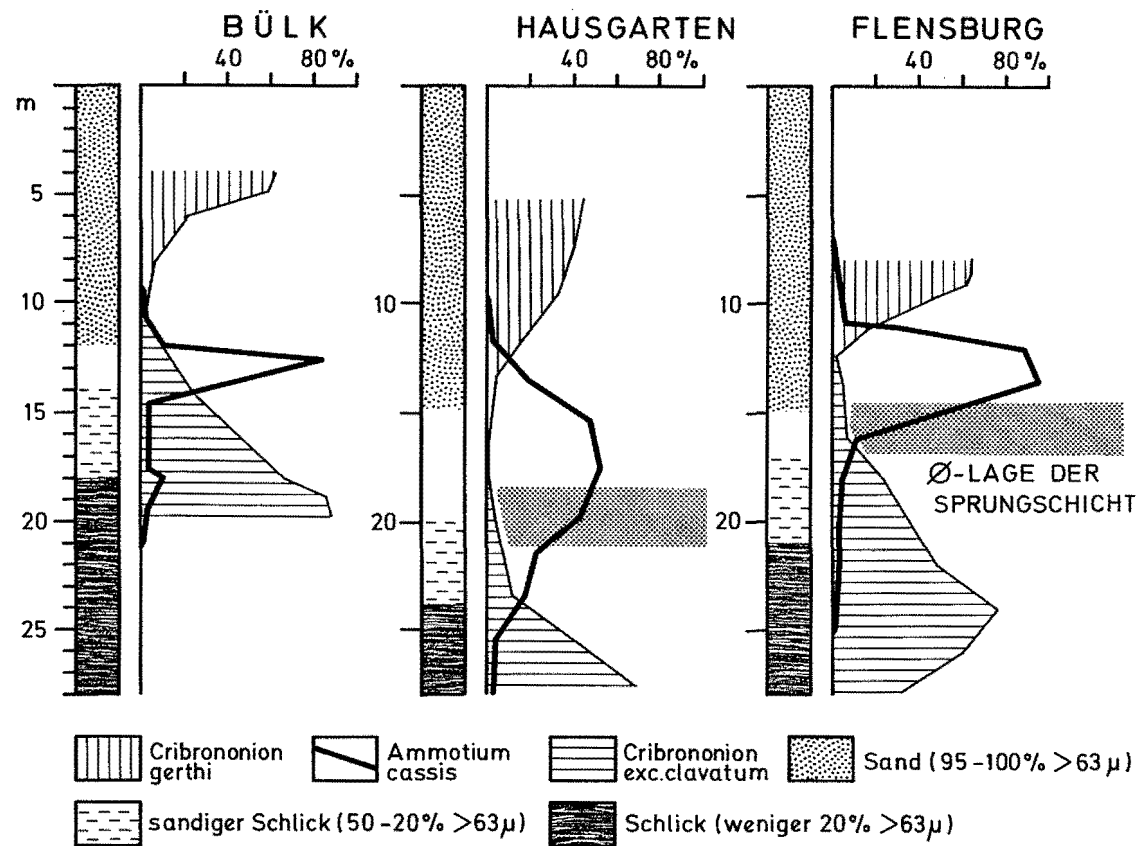
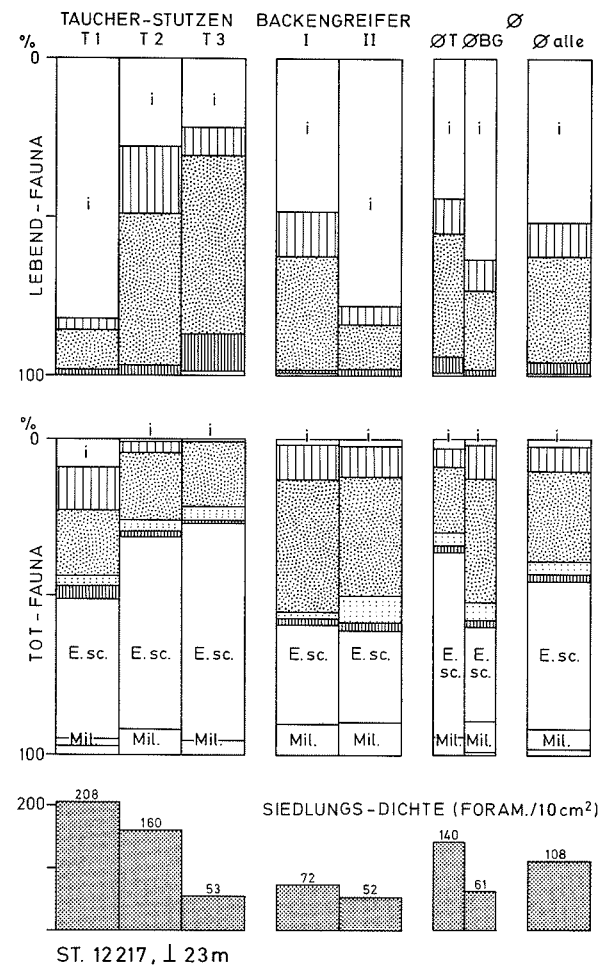
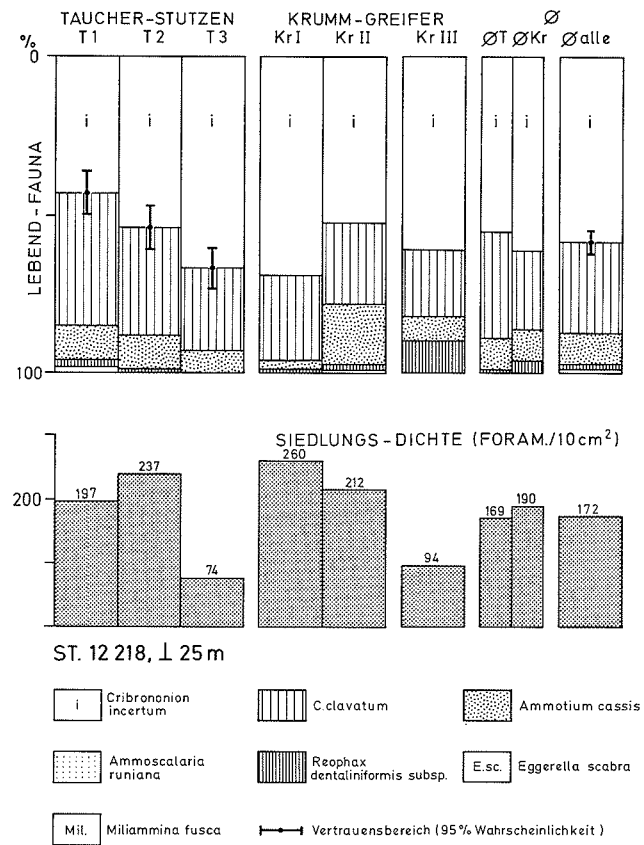


Abb. 12: Häufigkeitsmaxima wichtiger Arten und Sediment. Der Vergleich mit benachbarten Seegebieten zeigt, daß das Verteilungsmuster im Hausgartengebiet nicht nur örtlichen Charakter hat. Der Dominanzbereich von *Cr. exc. clavatum* rückt mit der Schlickgrenze und der Sprungschicht in die Tiefe.

Abb. 13 und 14: Vergleich verschiedener Entnahme-Geräte (vergl. Kapitel 2, Methoden).



Meyniana 26, 1974, LUTZE

begründet worden (EXON 1972); diese Annahme trifft sicher nicht zu, weil diese Formen mengenmäßig überhaupt nicht ins Gewicht fallen. Ihr Vorhandensein zeigt lediglich an, daß Auswaschung und Transport stattfindet. Wahrscheinlich wird jedoch der größte Teil zerstört.

10. Karbonatproduktion und Sedimentationsrate

10.1. Im Beckentiefsten

Hier wurde ein etwa 1 m langer Kern von der gleichen Position untersucht, an der die Sedimentationsrate mit ^{14}C -Bestimmungen durch ERLÉNKEUSER (ERLÉNKEUSER, SUESS & WILLKOMM 1974) relativ genau ermittelt worden war¹⁾. Sie liegt danach bei 150 cm/Jahrtausend.

Kalkschalige Foraminiferen sind im gesamten Kern erhalten, doch zeigt ein aus technischen Gründen nicht ermittelbarer Anteil von Innenhäuten, d. h. Auflösungsresten, daß ein unbekannter Teil der jährlich produzierten Kalkmenge im Sediment wieder aufgelöst worden ist. Die für die Jahreslagen errechenbaren Mengen an Foraminiferenkarbonat (CBF²⁾) stellen also Mindestwerte dar, die nur einen Teil der biologischen Produktion ausmachen.

Im Oberflächensediment (Abb. 11) sind 280 kalkschalige Foraminiferengehäuse in 10 cm³ Sediment enthalten, darunter bis etwa 15 cm Sedimenttiefe nur noch um 150/10 cm³. Noch tiefer liegt der CBF-Gehalt meistens unter 100/10 cm³. Da die Sedimentationsrate bekannt ist, kann aus diesen Werten die „erhaltene“ jährliche CBF-Produktion errechnet werden: sie beträgt im Oberflächensediment etwa 40 CBF-Exemplare und darunter noch um 20 CBF auf 10 cm² (= 420 bzw. 190 mg CBF/Jahr/m²).

Diese „geologischen“ Produktionsraten können mit der biologischen Produktion verglichen werden. Da die jahreszeitliche Entwicklung der Populationen noch nicht genau bekannt ist (vgl. S. 17), muß dabei von Mindestwerten ausgegangen werden, die auf den niedrigen Durchschnitts-Siedlungsdichten des Herbst und Frühjahrs beruhen (Abb. 8, 3. Zeile) und nur einen Reproduktions-Zyklus pro Jahr annehmen. Danach müßten in diesem Bereich mindestens 70 CBF-Gehäuse pro 10 cm² produziert werden. Verglichen mit der oben ermittelten „geologischen“ Produktion ergibt sich bereits für das Oberflächensediment ein Mindest-Auflösungsbetrag von 40%, darunter schon von mindestens 70%. In Wirklichkeit dürften diese Werte noch wesentlich höher liegen.

10.2. An den Hängen (Beckenrand)

Aus den Sedimentechogrammen geht eindeutig hervor, daß die postlittorina-zeitliche Beckenfüllung randlich auskeilt, so daß schon in Tiefen zwischen 20 und 23 m mit deutlich reduzierten Sedimentationsraten und/oder Schichtlücken zu rechnen ist (s. die schematische Darstellung des Sedimentechogramms in Abb. 9).

Aus diesem Tiefenbereich wurden kurze Sedimentkerne³⁾ untersucht, die von Tauchern entnommen wurden, um das Oberflächensediment vollständig zu erfassen. Die Befunde sind in Abb. 10 dargestellt. Bereits im Oberflächensediment sind nur noch 88 CBF-Gehäuse (leere Gehäuse) in 10 cm³ Sediment enthalten, also deutlich

¹⁾ GIK 11883, Decca rot H 14.3, grün A 35.7, Tiefe 28 m

²⁾ CBF = Calcareous Benthic Foraminifera; der Einfachheit halber wird im folgenden Text diese Abkürzung verwendet

³⁾ Decca rot H 14.25, grün A 34.31

weniger als im Beckentiefsten. Die Errechnung der jährlichen „geologischen“ Produktion, also des pro Jahreslage erhalten gebliebenen CBF-Karbonats, kann hier nur indirekt erfolgen, weil noch keine ^{14}C -Altersbestimmungen vorliegen. Es ist aber wahrscheinlich, daß das in Kerntiefe 3 bis 20 cm angetroffene Eggerellen-Maximum mit ähnlichen Maxima aus der westlichen Ostsee und dem Arkona-Becken verglichen werden kann.

Diese hier etwa 17 cm mächtige Eggerellen-Zone hat im Arkona-Becken (LUTZE 1965) die gleiche Mächtigkeit, nach Pollendatierungen durch F. AVERDIECK (unveröffentlicht) entspricht sie einer Zeitspanne von ca. 2800 Jahren. Auf die gleiche Zeit kommt EXON (1971) an einem Kern aus der Geltinger Bucht, die etwa 5-fache Mächtigkeit der Zone wird dort durch eine etwa 5-fache Verdünnung der Eggerellen ausgeglichen. Auch in den durch WINN (1974, dieser Band) aus dem Großen Belt untersuchten Kernen konnte die Eggerellen-Zone in vergleichbarer Position (Horizont G) festgestellt werden.

Nach diesem Vergleich dürfte die Sedimentationsrate hier sehr niedrig sein und mit 6–7 cm/Jahrtausend etwa der im Arkona-Becken entsprechen. Bei Annahme dieser Rate auch für die jüngsten 2–3 cm Sediment, die allein noch rezente Foraminiferen und CBF enthalten, würde sich eine sehr niedrige „geologische“ Produktionsrate von nur 0.5 CBF-Gehäusen auf 10 cm^2 pro Jahr bzw. von 5.3 mg CBF/Jahr/ m^2 ergeben, also weniger als auf heutigen Tiefseeböden. Verglichen mit der biologischen Mindestproduktion von hier ca. 40 CBF-Gehäusen pro Jahr und 10 cm^2 wäre ein Auflösungsbetrag von nahezu 99% anzunehmen. Es muß aber angenommen werden, daß die wenigen Sediment-Zentimeter über der Eggerellen-Zone sicher keine kontinuierliche Ablagerungsfolge über mehrere Jahrhunderte darstellen. Außerdem dürfte die für Foraminiferen-Korngrößen geltende Erosionsgrenze, die für heutige Verhältnisse bei 18 m liegen dürfte (s. o.), bei größerer Sturmhäufigkeit sicher zeitweilig tiefer gelegen haben, so daß auch selektive Auswaschung in Betracht gezogen werden muß.

10.3 Auf den Abtragungsflächen

Wie bereits bei der Diskussion des Lebend/Tot-Verhältnisses (Kap. 5.5) dargestellt, zeigt das Überwiegen der noch lebenden Foraminiferen im gesamten Flachwasserbereich bis etwa 18 m Wassertiefe, daß Korngrößen um 0.1 mm ausgewaschen und weggeführt werden. Die „geologische“ CBF-Produktion liegt in diesem Bereich also praktisch bei Null. Demgegenüber dürfte die biologische Produktion bei durchschnittlichen Siedlungsdichten von 2–10/10 cm^2 mindestens bei 5 liegen.

Während also die CBF-Produktion im turbulenten Flachwasser durch Auswaschung nahezu völlig zerstört bzw. weggeführt wird, erfolgt in tieferem Wasser ab etwa 18 m eine teilweise Reduzierung durch Auflösung. Im Grenzbereich dürften sich beide Vorgänge nicht unerheblich überschneiden.

10.4 Vergleich mit der Karbonatproduktion in anderen Seegebieten

Im benachbarten Bülker Becken werden 500–700 mg CBF pro Jahr und m^2 produziert, ähnliche Werte werden im vollmarinen Persischen Golf erreicht (LUTZE 1971; LUTZE, GRABERT & SEIBOLD 1971; SARNTHEIN 1973). Die hier im Beckenbereich errechnete Produktion von ca. 420 mg liegt also in dieser Größenordnung. Da es sich um Mindestwerte handelt, kann möglicherweise für die kalte, brackische Ostsee mit höheren oder gleich hohen Produktionsraten wie in vollmarinen, warmen Meeren gerechnet werden. Die Erhaltungsbedingungen sind jedoch schlecht, so daß

nur ein Teil dieser in den Oberflächensedimenten ermittelten Mengen wirklich fossil werden dürfte.

11. Ergebnisse

- 11.1 Im Untersuchungsgebiet konnten getrennte Dominanzbereiche für *Cribrononion incertum* und *Ammotium cassis* festgestellt werden, die sich zwischen die Siedlungsgebiete der dominierenden Becken-Art *Cribrononion exc. clavatum* und der Oberflächenwasser-Art *Cribrononion exc. excavatum* einschieben.
- 11.2 Die Tiefenlagen der Dominanzbereiche sind, von geringeren Schwankungen abgesehen, über das Jahr und über mehrere Jahre konstant. Die Populationen der dominierenden Arten können daher mit wenigen Dauerstationen in den Verbreitungszentren produktionsbiologisch überwacht werden.
- 11.3 Obwohl die Siedlungsdichte infolge fleckenhafter Besiedlung stark schwankt, ergeben die Mittelwerte aus allen Proben einen eindeutigen Trend: dünne Besiedlung im Hochenergie-Bereich ($1-13/10 \text{ cm}^2$), hohe Besiedlung im Niedrigenergie-Bereich unterhalb der Sprungschicht (meistens über $100/10 \text{ cm}^2$).
- 11.4 Eine besondere „Turbulenzfauna“ kann herausgestellt werden, deren Arten an stark bewegtes Wasser angepaßt sind. Ihre Verbreitung hängt nicht mit anderen Eigenschaften des Oberflächenwassers zusammen.
- 11.5 Die Verteilung der Infauna, die weitgehend mit Wassermassen-Grenzen und Sedimentgrenzen korreliert, kann dagegen noch nicht gedeutet werden. Zusammenhänge mit der Mächtigkeit der Oxydationszone und der Ernährungsweise sind möglich.
- 11.6 Produktionsdaten können nur artspezifisch ermittelt werden, da die Arten unterschiedliches Reproduktionsverhalten zeigen.
- 11.7 Das Verhältnis Lebendfauna/Totfauna läßt Schlüsse auf die Wassertiefe zu, bis zu der leere Gehäuse und äquivalente Quarzkörner erodiert werden. Sie dürfte bei ca. 18 m liegen.
- 11.8 Obwohl im Becken bereits im Oberflächensediment 40%, darunter mindestens 70% der Foraminiferen-Karbonat-Produktion (CBF) aufgelöst sind, sind die pro Jahreslage erzielten Produktions-Werte vergleichsweise hoch. Sie liegen mit 420 mg/Jahr/m^2 größenordnungsmäßig im Bereich von Produktionen im vollmarinen subtropischen Flachwasser.
- 11.9 In den Sedimentkernen konnte eine *Eggerella*-Zone mit gleichaltrigen Bildungen im Arkona-Becken (LUTZE 1965) und in der Flensburger Außenförde (EXON 1971) korreliert werden.

Literatur

- DANIELS, C. H. VON, 1970: Quantitative ökologische Analyse der zeitlichen und räumlichen Verteilung rezenter Foraminiferen im Limskikanal bei Rovinj (nördliche Adria). — Göttinger Arbeiten Geologie Paläontologie 8: 1—109.
- DANIELS, C. H. VON; MEISCHNER, D. & UFFENORDE, H., 1970: Ein verbesserter quantitativer Bodengreifer nach H. KRUMM. — Meyniana 20: 1—3, Kiel.
- ERLENKEUSER, H.; SUSS, E. & WILLKOMM, H., 1974: Industrialisation affects heavy metal and carbon isotope concentrations in recent Baltic Sea sediments. — Geochimica et Cosmochimica Acta 38: 823—842.

- EXON, N., 1971: Holocene sedimentation in and near the outer Flensburg Fjord (westernmost Baltic Sea). — Dissertation Kiel.
- EXON, N., 1972: Sedimentation in the outer Flensburg Fjord area (Baltic Sea) since the last glaciation. — *Meyniana* 22: 5—62, Kiel.
- FLEMMING, B. & WEFER, G. 1973: Tauchbeobachtungen an Wellenrippeln und Abrasionserscheinungen in der westlichen Ostsee südöstlich Bokniseck. — *Meyniana* 23: 9—18, Kiel.
- LENZ, J., 1974: Untersuchung zum Nahrungsgefüge im Pelagial der Kieler Bucht. — Habilitationsschrift Mathem. Naturwiss. Fakultät Univ. Kiel.
- LUTZE, G. F., 1964: Zum Färben rezenter Foraminiferen. — *Meyniana* 14: 43—47, Kiel.
- LUTZE, G. F., 1965: Zur Foraminiferen-Fauna der Ostsee. — *Meyniana* 15: 75—142, Kiel.
- LUTZE, G. F., 1971: Organic Remains as Sediment Particles: Observations and Experiments with Benthic Foraminifera. — Proc. Joint. Oceanogr. Assembly: 285—286 (Abstract), Tokyo.
- LUTZE, G. F., GRABERT, B. & SEIBOLD, E., 1971: Lebendbeobachtungen an Groß-Foraminiferen (*Heterostegina*) aus dem Persischen Golf. — „Meteor“-Forsch.Ergebn., Reihe C 6: 21—40.
- MURRAY, J., 1968: Living foraminifers of lagoons and estuaries. — *Micropaleontology* 14: 435—455.
- MURRAY, J., 1973: Distribution and ecology of living benthic Foraminiferids. — Heinemann Educational Books, London.
- PHLEGER, F. B., 1960: Ecology and distribution of recent Foraminifera. — John Hopkins Press, Baltimore, USA.
- PHLEGER, F. B., 1963: Foraminiferal ecology and marine geology. — *Marine Geology* 1: 16—43.
- RESIG, J., 1958: Ecology of Foraminifera of Santa Cruz Basin, California. — *Micropaleontology* 4: 287—308.
- ROTTGARDT, D., 1952: Mikropaläontologisch wichtige Bestandteile recenter und brackischer Sedimente an den Küsten Schleswig-Holsteins. — *Meyniana* 1: 169—228, Kiel.
- RHUMBLER, L., 1935: Rhizopoden der Kieler Bucht, gesammelt durch A. REMANE, I. Teil. — *Schr. naturw. Ver. Schlesw.-Holst.* 21: 143—194.
- RHUMBLER, L., 1936: Foraminiferen der Kieler Bucht, gesammelt durch A. REMANE, II. Teil. — *Kieler Meeresforsch.* 1: 179—242.
- RHUMBLER, L., 1938: Foraminiferen aus dem Meeressand von Helgoland, gesammelt durch A. REMANE, II. Teil. — *Kieler Meeresforsch.* 2: 157—222.
- SAID, R., 1949: Foraminifera of the northern Red Sea. — *Cushm. Lab. foraminif. Res., Spec. Publ.* 26.
- SARNTHEIN, M., 1973: Quantitative Daten über benthische Karbonatsedimentation in mittleren Breiten. — *Veröffentl. Universität Innsbruck* 86: 267—279.
- WEFER, G. & TAUCHGRUPPE KIEL, 1974: Topographie und Sedimente im „Hausgartengebiet“ des Sonderforschungsbereichs 95 der Universität Kiel (Eckernförder Bucht, Westl. Ostsee). — *Meyniana* 26 (Sonderband Meeresgeologie SFB 95): 3—7, Kiel.
- WINN, U. K.: Present and Postglacial Sedimentation in the Great Belt Channel (Western Baltic). — *Meyniana* 26 (Sonderband Meeresgeologie SFB 95): 63—101, Kiel.